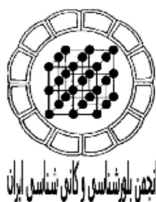
مجله
بلورشناسی
و کانی شناسی
ایران

سال بیست و چهارم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۹۵، از صفحهٔ ۶۶۱ تا ۶۷۴



بررسی کانی‌شناسی و زمین دماسنجی رگه‌های کوارتز- تورمالین منطقه باغو، جنوب شرق دامغان

سمیه مرادی، علی اکبر حسن‌نژاد*، قاسم قربانی

دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

(دریافت مقاله: ۹۴/۸/۲۳، نسخه نهایی: ۹۵/۲/۴)

چکیده: کانسار طلای باغو (کوه زر) در ۱۰۰ کیلومتری جنوب- جنوب شرقی دامغان و در دامنه‌ی شمالی رشته کوه ترود- چاه شیرین واقع شده است. سنگ‌های میزبان رگه‌های کوارتز – تورمالین بیشتر گرانیت، گرانودیوریت‌ها و آتشفشان‌های آندزیتی تا داسیتی هستند. کانه‌زایی به صورت رگه‌ی سیلیسی مس- طلادار است. کانی‌شناسی رگه‌های معدنی شامل کوارتز، پیریت، کالکوپیریت، طلا، هماتیت، مالاکیت، آزوریت، کوولیت و هیدروکسیدهای آهن است. طلا در ابعاد کوچک‌تر از ۵۰ میکرون در کوارتز مشاهده شده است. بر اساس بررسی‌های سنگ‌نگاری، در کانی کوارتز ۶ نوع میانبار شاری شناسایی شده‌اند: (۱) میانبارهای تک فازی آبگون، (۲) میانبارهای تک فازی بخار، (۳) میانبارهای دو فازی غنی از آبگون، (۴) میانبارهای دو فازی غنی از بخار، (۵) میانبارهای سه فازی هالیت‌دار و (۶) میانبارهای چند فازی. دمای یکنواخت‌شدن آنها ۲۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و شوری شاره‌ها از ۴ تا ۳۰ درصد وزنی معادل NaCl متغیر است. داده‌ها نشان می‌دهند که شکل‌گیری شاره‌ی کانی‌ساز در عمق بیش از ۶۰۰ متر زیر سطح و فشاری در حدود ۱۰۰ بار رخ داده است. شواهد نشان می‌دهد که کانی‌سازی منطقه باغو در یک شرایط اپی‌ترمال و احتمالاً وابسته به یک سامانه‌ی پورفیری صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی: *رگه؛ کوارتز-تورمالین؛ میانبار شاری؛ کانی شناسی؛ کانسار طلا؛ باغو؛ دامغان.*

مقدمه

منطقه‌ی مورد بررسی با مختصات جغرافیایی ´۴۲ °۵۴ – ″۳۰ ´۳۵ °۵۴ طول شرقی، ´۲۴ °۳۵ – ´۲۹ °۳۵ عرض شمالی، بخشی از ورقه‌ی ۱٫۲۵۰۰۰۰ ترود را در رشته کوه‌های ترود – چاه شیرین در بر می‌گیرد، و بین دو گسل انجیلو در شمال و ترود در جنوب محدود شده است [۱]. از سال ۱۸۹۸ بررسی‌های زیادی توسط افراد مختلف با هدف پی‌جویی طلا، زمین‌شناسی منطقه را مورد بررسی قرار داده‌اند که در این مورد می‌توان به بررسی‌های [۲-۴] اشاره کرد. بر اساس این بررسی‌ها گسل‌های انجیلو و ترود در شکل‌گیری این کمربند نقش به سزایی داشته‌اند. ضمن اشاره به رخداد احتمالی ذخایر مس پورفیری در این منطقه، کانه‌زایی طلا را وابسته به گرانیت‌های منطقه دانسته‌اند. منطقه‌ی مورد نظر، به دلیل تنوع کانه‌زایی از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی از اهمیت خاصی برخوردار است. از جمله کانی‌سازی‌های مهمی که در این کمربند تاکنون مورد شناسایی و بهره‌برداری قرار گرفته‌اند می‌توان به طلا، نقره، فیروزه، مس، آهن، سرب - روی، منگنز، و کانی‌های صنعتی اشاره کرد. بر اساس بررسی‌هایی که اخیرا با استفاده از روش ارائه شده [۵] روی رگه‌های کوارتز – تورمالین صورت گرفته است، عیار طلا در این رگه‌ها تا بیش از ۱۰PPm گزارش شده است [۶].

*نویسنده مسئول، تلفن و نمابر: ۳۵۲۲۰۰۹۱ (۰۲۳)، پست الکترونیکی: hassannezhad@du.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.4.4.2]

هر چند در گذشته به صورت محدود بررسی‌های دماسنجی از جمله با استفاده از روش‌های سنگ‌شناسی روی توده‌های گرانیتوئیدی منطقه صورت گرفته است [۷]، ولی تاکنون بررسی‌های گسترده‌ای با استفاده از دماسنجی میانبارهای شاری و نیز ریخت‌شناسی پیریت، به منظور تعیین گستره‌ی دمایی کانی‌سازی در منطقه باغو صورت نگرفته است. با توجه به بررسی‌های انجام شده روی رگه‌های تورمالین و فیروزه‌دار منطقه باغو [۸، ۹] رخداد فرایندهای گرمابی وابسته‌به ماگماتیسم و هوازدگی وابسته‌به آب‌های جوی فرو رو را در منطقه مورد تائید قرار داده است. با توجه به کاربرد گسترده‌ی فناوری میانبارهای شاری در حوزه‌های مختلف علوم زمین [۱۰-۱۸]، در این پژوهش نیز سعی شد تا یک بررسی فراگیر و گسترده‌ای روی میانبارهای شاری کانی‌های کوارتز موجود در رگه‌های کوارتز تورمالین و رگه‌های کانه‌داری که کوارتز کانی باطله اصلی آنها محسوب می‌شود، در منطقه باغو صورت گیرد.

روش بررسی

در این پژوهش، پس از بررسی‌های صحرایی در منطقه باغو و مشاهده‌ی رگه‌ها و رگچه‌های متعدد کوارتز تورمالین که گاهی با کانی‌سازی سولفیدی نیز همراهند، از سنگ‌های میزبان منطقه (به صورت پراکنده) و رگه‌ها (در راستای رگه از حاشیه به مرکز) با هدف بررسی‌های سنگ‌نگاری، زمین‌شیمی، کانه‌نگاری و میانبارهای شاری، اقدام به نمونه‌برداری شد. پس از انتقال نمونه‌ها به کارگاه مقطع‌گیری دانشکده‌ی علوم زمین دانشگاه دامغان، با توجه به اهداف مطالعاتی، نمونه‌ها جداسازی و سپس اقدام به آماده ۴۶ مقطع نازک، ۱۵ مقطع صیقلی و ۱۰ مقطع نازک دوبر صیقل شدند. لازم به توضیح است که در این بررسی، به منظور تکمیل آگاهی‌ها، همراه با بررسی‌های میانبارهای شاری (۲۱۴ میانبار)، بررسی‌های سنگ کل روی نمونه‌های سنگ میزبان با استفاده از XRF در شرکت کانساران بینالود و شناسایی کانی‌های منطقه‌های دگرسان، با استفاده از XRD مدل D8-Advance Bruker در آزمایشگاه حالت جامد زمین‌شناسی– فیزیک دانشگاه دامغان انجام گرفت. بررسی‌های دماسنجی روی مقاطع نازک دوبر صیقل انتخابی، با استفاده از صفحه‌ی گرم و سرد کننده‌ی لینکام مدل THMSG600 در آزمایشگاه شاره‌های درگیر دانشگاه دامغان صورت گرفت.

بحث و بررسی

سنگ‌نگاری منطقه‌ی باغو

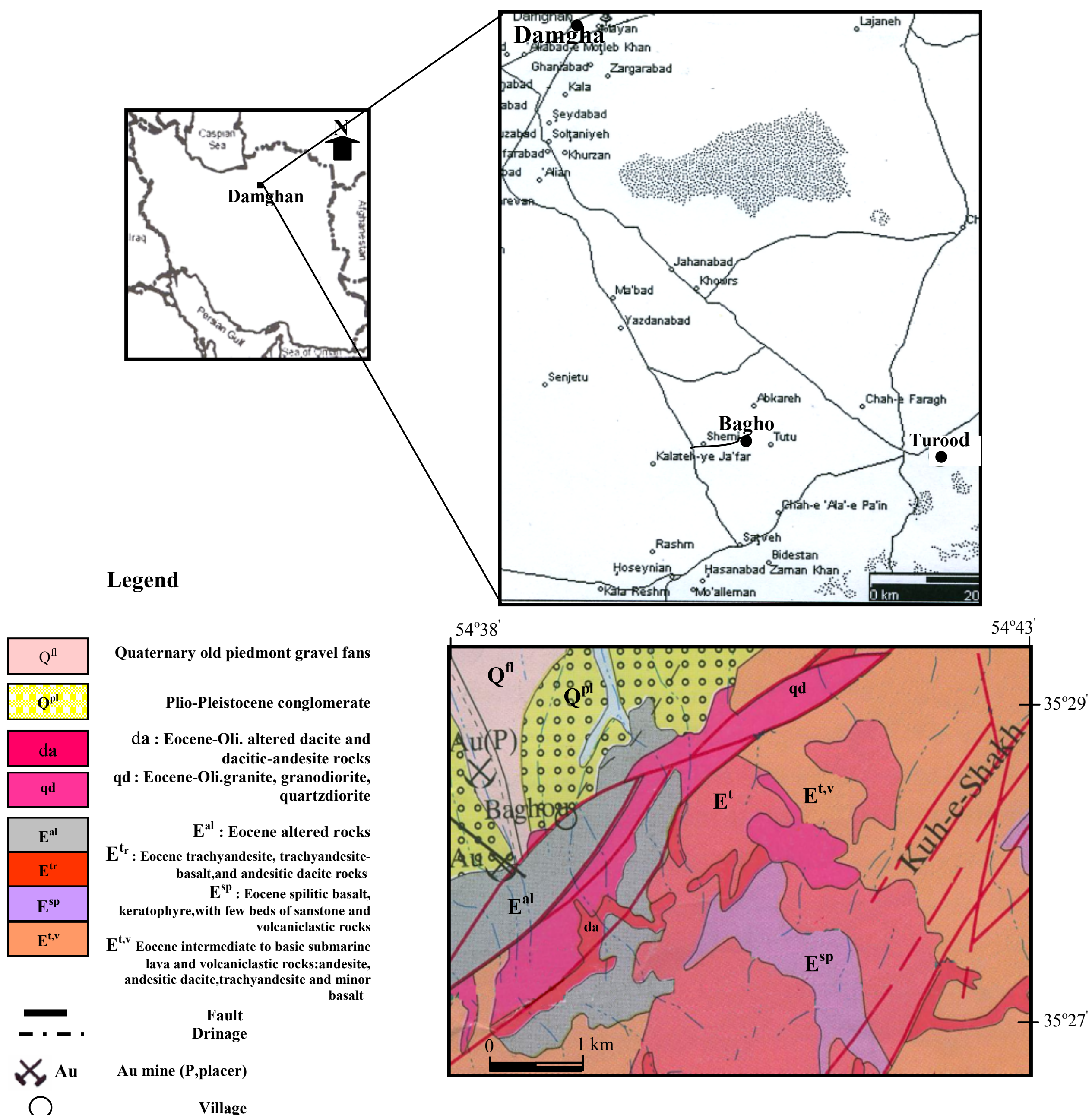
براساس نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه‌ی باغو [۱۹] (شکل۱)، برپایه‌ی بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی مقاطع نازک واحدهای سنگ‌شناختی منطقه‌ی باغو، سه گروه از سنگ‌های آتشفشانی، توده‌های نفوذی عمیق تا نیمه عمیق و رگه‌های کوارتز- تور مالین طلادار قابل شناسایی هستند:

واحدهای آتشفشانی: این واحدها شامل سنگ‌های حدواسط از جمله آندزیت‌ها و تراکی آندزیت‌ها و سنگ‌های اسیدی از قبیل داسیت‌ها (به شکل گنبد) دیده شدند که از مهم‌ترین و قدیم‌ترین واحدهای آذرین منطقه باغو هستند. رنگ عمومی این واحدها در سطح از خاکستری تا صورتی و سبز تیره در تغییر است، که غالباً ناشی از آرژیلیتی و پروپیلیتی شدن این سنگ‌هاست. بافت غالب این سنگ‌ها پورفیری و گلومروپورفیر می‌باشد. این واحدها به‌وسیله‌ی توده‌های نفوذی عمیق تا نیمه عمیق با ترکیب گرانیت، گرانودیوریت و نیز دایک‌های داسیتی قطع شده‌اند.

واحدهای نفوذی: سنگ‌های نفوذی منطقه بیشتر از نوع گرانیت و گرانودیوریت تشکیل شده‌اند که در راستای روندهای ساختاری غالب منطقه نفوذ کرده‌اند. این سنگ‌ها در نمونه‌ی دستی میان دانه و مزوکرات هستند، و در سطح تازه به رنگ خاکستری روشن دیده می‌شوند. بافت غالب آنها پورفیری با خمیره‌ی ریزدانه‌ای است. کانی‌های اصلی آنها عبارتند از پلاژیوکلاز (۳۵ تا ۵۰ ٪ حجمی)، فلداسپارقلیایی (۱۰ تا ۴۵٪ حجمی)، کوارتز (۱۵ تا ۳۰٪ حجمی)، هورنبلند (۱۰ تا ۴۵٪ حجمی)، بیوتیت (۲ تا ۱۰٪ حجمی) و به مقدار کم پیروکسن. براساس شواهد صحرایی و کانی‌شناسی، توده‌ی گرانیتوئیدی نیمه عمیق باغو در عمق ۲ تا ۳٫۵ کیلومتری جایگیری و براساس دماسنجی‌های مختلف، دمای تعادل کانی‌ها حدود ۶۱۳ تا ۷۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برآورد شده است [۷].

رگه‌های کوارتز-تورمالین: این رگه‌ها واحدهای نفوذی و گنبدهای داسیتی را قطع می‌کنند. ستبرای این رگه از حدود یک میلی‌متر تا حدود ۳۰ سانتی‌متر در تغییر است. کانی‌شناسی این رگه‌ها بیشتر شامل کوارتز، تورمالین (شورل – دراویت) [۸]، سولفیدها و اکسیدهای آهن است. کانی تورمالین در این رگه‌ها به صورت تیغه‌ای، شعاعی و گاه دانه‌ای دیده می‌شود.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.4.4.2]



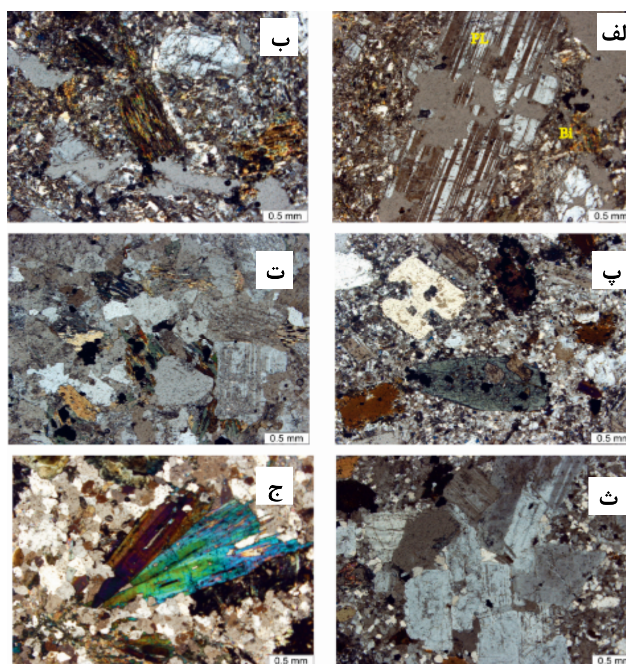
شکل ۱ موقعیت جغرافیایی، راه‌های ارتباطی و نقشه‌ی زمین شناسی منطقه‌ی مورد بررسی باغو [۱۹].

کانی‌شناسی

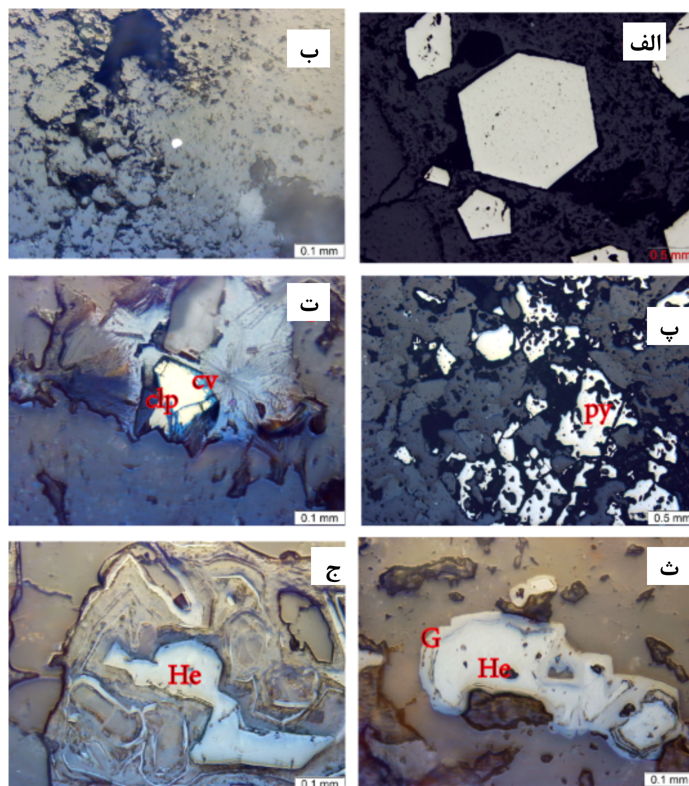
بررسی‌های صحرایی، میکروسکوپی و طیف‌های حاصل از XRD، حاکی از آن است که کانی‌شناختی منطقه‌ی باغو را می‌توان در سه گروه مورد بررسی قرار داد.

کانی‌های گرمابی: این گروه از کانی‌ها حاصل ته‌نشست مستقیم از شاره‌های گرمابی مشتق شده از فعالیت ماگمایی تحت تاثیر عوامل فیزیکو - شیمیایی در راستای شکستگی‌ها و فضاهای باز در داخل سنگ‌های گرانیت، گرانودیوریت و داسیت‌های هستند.

طی این مرحله، کانی‌های کوارتز، پیریت (غالباً یوهدرال)، کالکوپیریت، به مقدار کم هماتیت، به مقدار خیلی کم و قابل دید طلا، و به‌صورت تاخیری تورمالین با ترکیب شورلیت – دراویت نهشته شده‌اند. همیافتی این کانی‌ها در منطقه‌ی باغو، به صورت رگه‌ها و رگچه‌های کوارتز – تورمالین‌دار به ستبرای ۱ میلی‌متر تا حدود ۳۰ سانتی‌متر، که گاهی همراه کانه‌های سولفیدی و طلا هستند، قابل رویت‌اند (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲ الف) درشت بلورهای پلاژیوکلاز در سنگ آندزیتی.ب) وجود بیوتیت و پلاژیوکلاز در سنگ‌های تراکی آندزیت. پ) هورنبلند و کوارتزهای خلیجی و بیوتیت در داسیت‌های منطقه و تبدیل از حاشیه به کلریت ت) بافت هیپیدیومورف گرانولار در گرانیت‌های منطقه. ث) درشت بلورهای پلاژیوکلاز در خمیره میکروکریستالین نشاندهنده بافت پورفیری در سنگ میکروگرانودیوریتی ج) کانی‌های کوارتز و تورمالین در رگه‌های کوارتز-تورمالینی منطقه‌ی باغو.



شکل ۳ الف) بلورهای ۶ وجهی پیریت در مقاطع صیقلی. ب) ذرات کمتر از ۵۰ میکرون طلا در رگه‌ی سیلیسی در منطقه‌ی باغو، پ) همرشدی کانی پیریت با کوارتز. ت) تصویر کانی کالکوپیریت که از حاشیه به کوولیت در حال تبدیل است. ث و ج) کانی هماتیت با بافت کلوفرم که به‌وسیله‌ی گوتیت احاطه شده است.

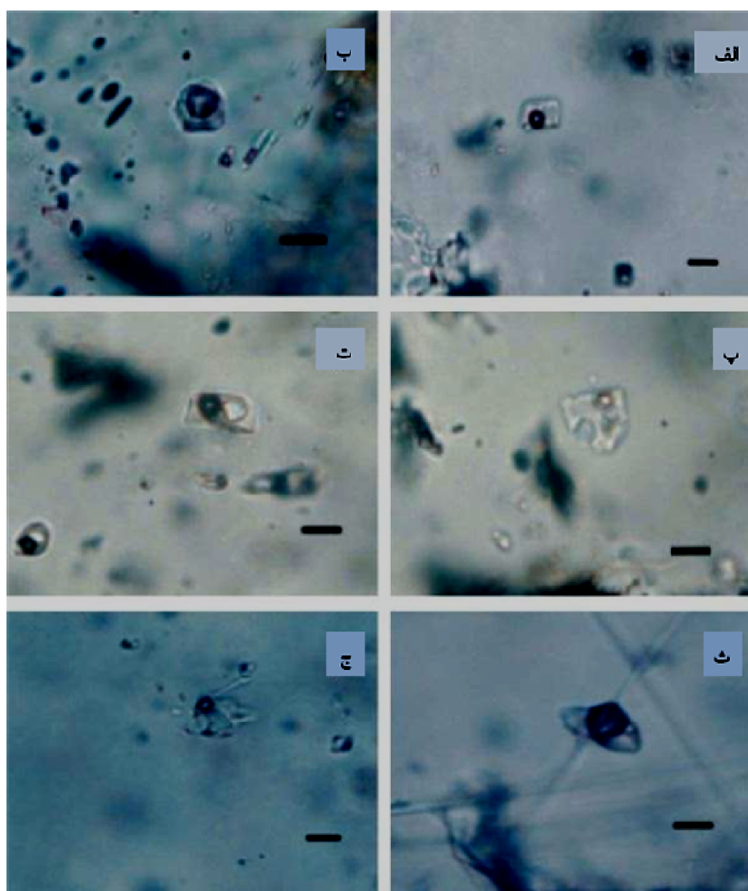
[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.4.4.2]

کانی‌های دگرسان: یکی از نشانه‌های تاثیر گرمابها بر سنگ- های منطقه‌ی باغو، فرایند دگرسانی است که با تغییر رنگ‌های سفید مایل به زرد و سبز کم رنگ تا تیره روی سنگ‌های نفوذی و آتشفشانی، دیده می‌شود. بر پایه‌ی داده‌های حاصل از برررسی‌های سنگ‌نگاری و XRD، کانی‌های ریشه گرفته از واکنش‌های دگرسان در نمونه‌های بررسی شده را می‌توان در سه مجموعه‌ی کانیایی رده‌بندی کرد. (۱) مجموعه‌ی کائولینیت، ایلیت، کلینوکلر، پیریت و تورمالین، که می‌تواند بر دگرسانی آرژیلیتی دلالت داشته باشد. (۲) مجموعه‌ی سریسیت، کوارتز، آدولاریا و آلبیت که حاکی از دگرسانی فیلیک سنگ‌های منطقه‌ی مورد بررسی، و (۳) مجموعه کانیایی اپیدوت، کلریت و کربنات که نشانه‌ی عملکرد دگرسانی پروپیلیتیک در منطقه است [۶]. بر اساس بررسی‌های انجام شده و نیز شواهد ساخت و بافت کانی‌سازی، دنباله‌ی همیافتی کانیایی استنتاج شده از گستره‌ی بررسی شده در منطقه باغو، در شکل ۴ ارائه شده است.

کانی‌های سوپرژن: بررسی‌های صحرایی و کانه‌نگاری نشان می‌دهد که آب‌های جوی در راستای رگه‌های کانه‌دار و شکستگی‌ها نفوذ کرده و منجر به رخداد واکنش‌های اکسایشی و احیایی روی کانه‌های اولیه شده است. بررسی‌های کانه‌نگاری نشان می‌دهند که کانی پیریت، گاه به طور کامل هوازده شده و در منطقه‌ی اکسایشی به هماتیت و هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده و در منطقه‌ی احیایی به‌وسیله‌ی کالکوسیت و در برخی نقاط با کوولیت جانشین شده است. کانی‌های مالاکیت، آزوریت و کوپریت در منطقه‌ی اکسایشی حاصل هوازدگی کانی کالکوپیریت است که بخشی از هیدروکسیدهای آهن در این منطقه ناشی از هوازدگی کالکوپیریت می‌باشد. کانی کالکوپیریت در منطقه‌ی احیایی به طور بخشی و گاه کاملاً در اثر کالکوسیت و کوولیت جانشین شده است.

شکل ۴ نمودار توالی پاراژنتیکی کانی‌های موجود در کانسنگ سیلیسی- تورمالین طلادار منطقه باغو.

Mineral	Hydrothermal stage	Alteration stage	Supergene stage
Quartz	—	—	
Pyrite	—	—	
Chalcopyrite	—		
Hematite	—		—
Gold	—		
Tetrahedrite	—		
Tourmaline	—	—	
Sericite		—	
Illite te		—	
Adularia		—	
Ilite		—	
kaolinite		—	
Clinochlore		—	
Calcite	—	—	
Cuprite		—	
Fe- hydroxide			—
cuprite			—
Malachite			—
Covellite			—
Chalcocite			—
covelite			—



شکل۵ شکل‌های مختلفی از میانبارهای شاری در کانی کوارتز کانسار باغو. باریک شدگی میانبـار در شکل شـماره ۵ - ج کـاملا مـشخص اسـت. مقیاس معادل um ۱۰ در نظر گرفته شد.

بررسی میانبارهای شاری

بررسی‌های ریزپردازشی میانبارها: به منظور بررسی شاره‌هـای درگیر کانی‌های کوارتز منطقـه بـاغو، از نمونـه‌هـای جمـع آری شده تعداد ۱۰ مقطع نازک دوبر صیقلی تهیه شدند. بررسی‌های سنگ‌نگـاری مقـاطع تهیـه شـده، بـا اسـتفاده از میکروسـکوپ سـنگ‌شناسـی انجـام گرفـت. در ایـن گونـه بررسـی‌هـا روی میانبارهای شاری، مقوله‌هایی از جملـه انـدازه، شـکل، رابطـه‌ی زایشی و محتویات فازی مورد بررسی قرار می‌گیرند، که در ایـن پـژوهش ایـن مـوارد بـر مبنـای معیارهـای ارائـه شـده توسـط [۹، ۲۰-۲۲] صورت گرفت. بر اساس این بررسـی‌هـا مـی‌تـوان گفت که شاره‌های درگیـر قابـل شناسـایی، از نظـر انـدازه از ۲ میکرون تا حدود ۳۰ میکرون در تغییرند. میانبارهای شـاری در نمونه‌های بررسی شده دارای اشکال متنوعی (شکل۵) از جملـه مکعبی، گرد، صفحه‌ای، میله‌ای، تیغه‌ای و چندضـلعی هـستند. پدیده‌ی باری‌شدگی نیز در بعضی از میانبارها مشاهده می‌شـود. از نظر زایشی [۲۳] میانبارهای شـاری کـانی کـوارتز منطقـه‌ی باغو، به انواع اولیه، ثانویه‌ی کاذب قابـل تقـسیم‌انـد. بـر مبنـای بررسی‌های انجام شده، میانبارهای شاری در کانی کوارتز منطقه باغو از نقطه نظر محتویات فازی به پنج نوع قابل تقسیم‌اند: نوع ۱ میانبارهای تک فازی گازی (V)، نوع ۲ میانبارهـای دو فـازی غنی از آبگون (L+V) در این نوع فـاز بخـار حـدود ۴۰ تـا ۵۰ درصد حجمی میانبار را شامل می‌شـود، نـوع ۳ میانبارهـای دو فازی غنی از گاز (V+L)، نوع ۴ میانبارهای سه فازی، که علاوه بر فازهای مایع و بخار دارای فاز نوزاد نمک هـستند (L+V+S) و نوع ۵ میانبارهای چند فـازی کـه در ایـن گـروه از میانبارهـا، علاوه بر فازهای آبگون و بخار، فازهـای نـوزاد از جملـه هالیـت، سیلویت و کانی‌های کدر هماتیت و احتمالاً کالکوپیریت حـضور دارند.

ریز دماسنجی میانبارهای سیال

بررسی‌های ریزدماسنجی با استفاده از صفحه‌ی گرم و سرد کننده‌ی لینکام مدل THMSG600 که روی میکروسکوپ المپیوس BX20 نصب شده بود صورت گرفت. به منظور

اطمینان از درستی داده برداری، نخست دستگاه برای شرایط گرمایش و سرمایش، با استفاده از موادی همانند بنزئیک اسید، نیترات سدیم، دی کرومات پتاسیم، کلروفرم، آب مقطر و میانبارهای قبلی، تنظیم شد و سپس دماسنجی‌های سرمایشی و گرمایشی روی نمونه‌های انتخابی کوارتز منطقه انجام گرفت.

میانبارهای ۲ فازی غنی از آبگون: این نوع شاره‌های درگیر عموماً غنی از آبگون به همراه حباب کوچک گاز دیده می‌شوند. بررسی‌های گرمایشی نشان داد که دمای همگن شدگی این نوع از میانبارها از ۱۰۰ تا ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد در تغییر است. همگن‌شدگی این نوع از میانبارهای شاری به صورت آبگون است. نمودار ستونی دماهای همگن‌شده‌ی وابسته به این گروه از میانبارها در شکل۶ الف نشان داده شده است. این نمودار حاکی از آن است که داده‌های حاصل در دمای۳۰۰ تا۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد دارای قله است. پس از آزمایش‌های سرمایشی و ثبت دماهای ذوب آخرین قطعه یخ برای این گروه از میانبارها، شوری آنها با فرمول ارائه شده برای شاره‌های درگیر فاقد هالیت، با شوری کمتر از ۲۳٫۲ درصد وزنی معادل NaCl، محاسبه شد [۲۴]. در آن فرمول، Tm معادل دمای نهایی ذوب یخ است.

$$Salinity\ (Wt.\%) = 0.00 + 1.78_{Tm} - 0.0442_{Tm}^{2} + 0.000557_{Tm}^{3}$$

محاسبات نشان داد که دامنه‌ی شوری میانبارهای شاری این گروه، از ۰٫۵ تا ۱۴ درصد وزنی معادل NaCl در تغییر است. نمودار ستونی شوری این میانبارها در شکل ۶ ب نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که این داده‌ها در شوری ۲ تا ۴ درصد وزنی معادل NaCl دارای قله‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین تمرکز داده‌ها در دمای ۳۰۰ تا ۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و در شوری متوسط ۳ است.

میانبارهای دوفازی غنی از گاز: این شاره‌های درگیر بیشتر از حباب گاز تشکیل شده‌اند که مقداری مایع نیز قابل تشخیص است. شوری این نوع شاره‌ها همانند شاره‌های غنی از آبگون بر مبنای آخرین دمای ذوب یخ محاسبه شد. نمودار ستونی این شاره‌ها در شکل۶ پ آورده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که دمای همگن‌شدگی این گروه از میانبارها که به حالت گاز همگن می‌شوند، از حدود ۱۰۰ تا ۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در تغییر است. نمودار یاد شده دارای قله در ۳۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. شوری این گروه از شاره‌های درگیر نیز به صورت نمودار ستونی درصد وزنی معادل NaCl در شکل ۶ ت نشان داده شد. چنانکه در نمودار دیده می‌شود داده‌ها دارای دو قله در شوری ۵ و ۹ درصد وزنی معادل NaCl هستند که می‌توان چنین استنباط کرد که دو گستره‌ی جمعیتی میانبار شاری وجود دارند. به طور کلی تمرکز داده‌ها در دمای ۳۵۰ تا ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد و بیشترین شوری در ۵ درصد وزنی معادل NaCl دیده می‌شود.

میانبارهای شاری سه فازی: در این شاره‌های درگیر، بلورهای هالیت و سیلویت به عنوان فازهای نوزاد دیده می‌شوند. بلور هالیت در بیشتر نمونه‌ها به اشکال مکعبی و بلور سیلویت به صورت مکعب و با گوشه‌های گرد شده قابل رویت‌اند. برای تعیین شوری شاره‌های درگیری که شوری بیش از ۲۶٫۳ دارند، دمای انحلال بلور هالیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع از شاره‌های درگیر، دامنه‌ی دمایی همگن‌شدن بیشتر بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در تغییر است. تعداد بسیار محدودی از آنها نیز دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را نشان می‌دهند (شکل۶ ث) و قله‌ی اصلی دما در گستره‌ی ۲۵۰ تا ۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفته است. بیشتر شوری درحدود ۳۰ درصد وزنی معادل NaCl را نشان می‌دهند (شکل۶ ج). در معادله‌ی زیرΦ دمای انحلال هالیت است [۲۴].

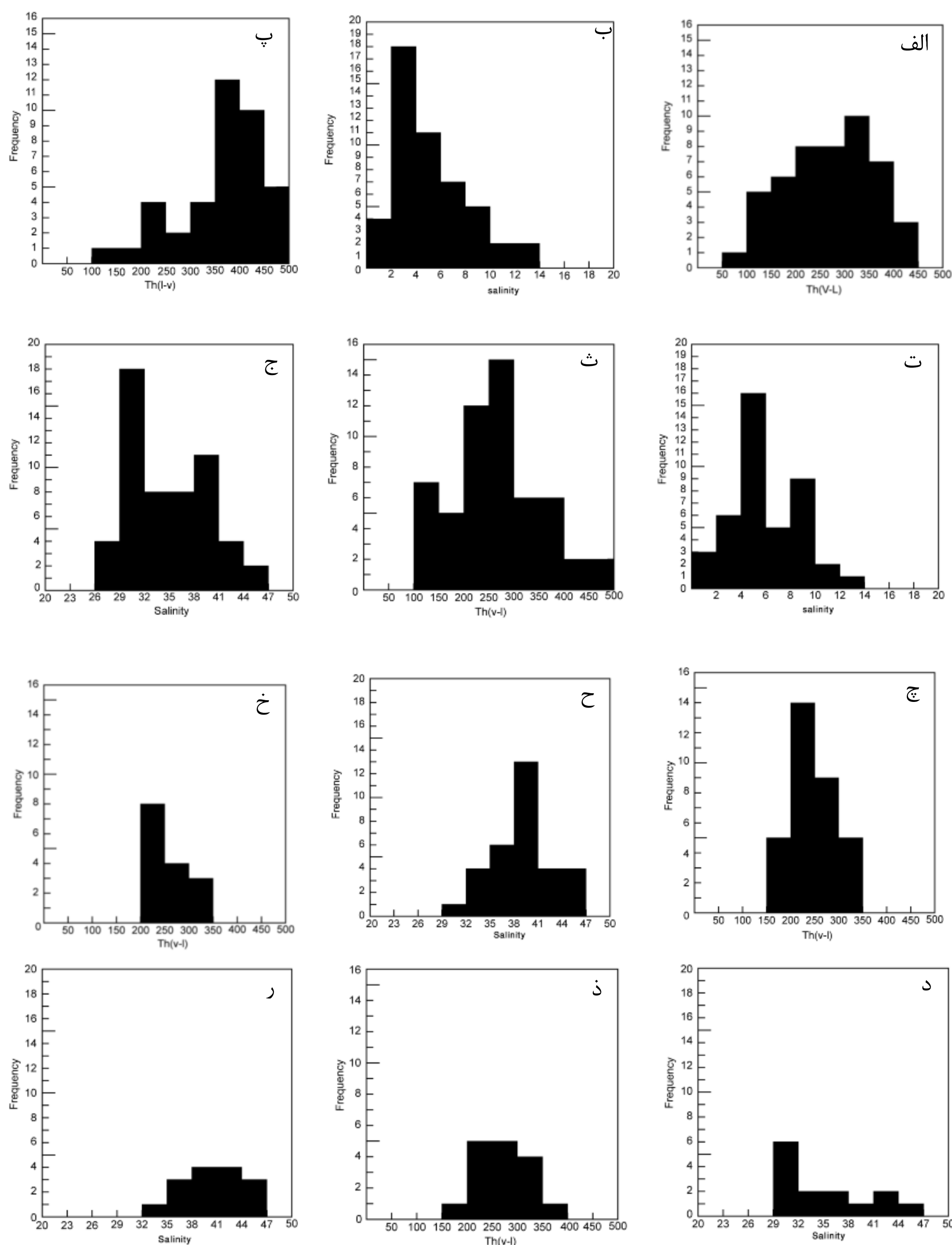
$$Salinity(Wt.\%)= 26.242+ 0.4928\varphi + 1.42\ \varphi^{2} - 0.223\ \varphi^{3} + 0.04129\ \varphi^{4} + 6.295*10^{-3}\ \varphi^{5} - 1.967*\ 10^{-3}\ \varphi^{6} + 1.1112*\ 10^{-4}\varphi^{7}$$

میانبارهای شاری چندفازی حاوی هالیت و سیلویت: در برخی از میانبارهای شاری بیش از یک فاز نوزاد و جامد حضور دارند که این دسته از میانبارها را در گروه چند فازی قرار داده‌ایم. برای تعیین شوری این گونه از شاره‌های درگیر، از فرمول مورد استفاده برای شاره‌های سه فازی با شوری بالا استفاده شد. دماهای همگن‌شدن در شاره‌های درگیر چندفازی حاوی هالیت و سیلویت، در دامنه‌ی ۱۵۰ تا ۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در تغییرند که بیشترین فراوانی به دمای۲۰۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد وابسته است (شکل ۶-چ). چنانکه در شکل ۶-ح دیده می‌شود، درجه‌ی شوری در ۴۰ درصد وزنی معادل NaCl دارای قله می‌باشد.

میانبارهای شاری چندفازی حاوی هالیت و کانی کدر: این میانبارهای شاری نیز گستره‌ی دمایی بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ درجه-ی سانتی‌گراد دیده می‌شوند (شکل۶ خ). و بیشترین شوری در ۳۰ درصد وزنی معادل NaCl دیده می‌شوند (شکل ۶ د).

میانبارهای شاری چندفازی حاوی هالیت، سیلویت و کانی‌کدر

این شاره‌های درگیر دارای دامنه دمایی ۱۵۰ تا ۴۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد هستند (شکل۶ ذ) و نیز درجه‌ی شوری ۴۰ درصد وزنی معادل NaCl، فراوان‌ترین میزان شوری ثبت شده است (شکل۶ ر).



شکل ۶ نمودار فراوانی دمای همگن‌شدگی و شوری گونه‌های مختلف میانبارهای شاری در کانی کوارتز رگه‌های کوارتز تورمالین منطقه باغو، الف و ب: دمای همگن شدگی و شوری میانبارهای شاره‌ی دوفازی غنی از آبگون، پ و ت: دمای همگن‌شدگی و شوری میانبارهای شاری دوفازی غنی از گاز، ث و ج: دمای همگن‌شدگی و شوری میانبارهای شاری سه فازی، چ و ح: دمای همگن‌شدگی و شوری میانبارهای شاری حاوی سیلویت، خ و د: دمای همگن شدگی و شوری میانبارهای شاری حاوی کانی کدر، ذ و ر: دمای همگن شدگی و شوری میانبارهای شاری چند فازی.

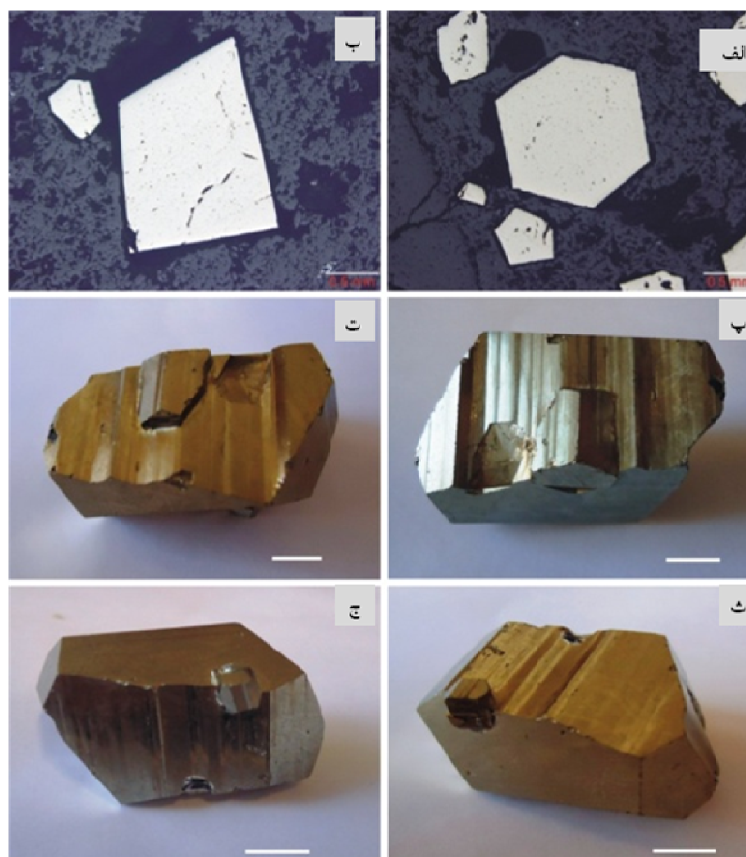
[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.4.4.2]

دماسنجی براساس ریخت‌شناسی پیریت

برای تعیین گستره‌ی دمای کانه‌زایی و دگرسانی کانسار طلای باغو، علاوه بر دماسنجی میانبارهای شاری، از ریخت‌شناسی بلورهای پیریت (شکل ۷) نیز استفاده شد. با توجه به بررسی-های انجام شده [۲۵] معلوم شد که در دماهای کمتر یا مساوی ۲۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، بلورهای سوزنی پیریت و با افزایش دما تا ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، بلورهای مکعبی با شیارهای فراوان و سطوح اندک هشت‌وجهی شکل می‌گیرند. بررسی بلور-های پیریت جمع‌آوری شده از مناطق دگرسانی منطقه‌ی باغو، نشان داد که انواع مکعبی با سطوح چندوجهی فراوان (pyritohedron) در نمونه‌ها رایج است. انواع سطوح شیاردار با تراکم زیاد همراه با انواع سطوح تخت و آینه‌ای نیز دیده می‌شوند. براین اساس، به نظر می‌رسد که این بلورها در گستره‌ی دمایی بین ۲۵۰ تا ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد شکل گرفته‌اند. با توجه به گستره‌ی دمایی دگرسان (در حدود ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد) تعیین دامنه‌ی دمایی کانه‌زای طلا بین ۳۰۰ تا ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد منطقی به نظر می‌رسد.

شکل‌گیری شاره‌ی کانی ساز

داده‌های ریز دماسنجی میانبارهای شاری کانی کوارتز، رگه‌های کوارتز- تورمالین منطقه‌ی باغو، در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده‌اند. با نگاهی به داده‌ها و نیز الگوی توزیع آنها در نمودارهای فراوانی (شکل ۶)، می‌توان این داده‌ها را در سه گروه جمعیتی قرارداد. این شرایط می‌تواند ناشی از شکل‌گیری شاره-ی کانی‌ساز باشد که احتمالاً ضمن آزاد شدن مداوم از یک خاستگاه ماگمایی، عواملی از جمله: جوشش، سردشدگی و اختلاط شاره‌ها [۲۶] در شکل‌گیری آن دخالت داشته‌اند. داده-های ترسیم شده در شکل ۸، نشان می‌دهند که گروهی از داده‌ها در گستره‌ی خط $T_h = T_s$NaCl متمرکز شده‌اند، این الگوی توزیع، نشان دهنده‌ی آن است که شاره‌ی مادر، یک آبگون اشباع از NaCl و در حال جوشش بوده است، ضمن آنکه این شرایط می‌توانند دال بر ناهمگن بودن (شاره+ بخار+ نمک) شاره‌ی اولیه در منطقه باغو داشته باشد [۱۰].



شکل ۷ در تصاویر الف و ب شکل چند وجهی بلور پیریت در مقطع میکروسکوپی به خوبی دیده می‌شود، تصاویر پ، ت، ث و ج هابیت پیریتوهدرال را در بلورهای مکعبی پیریت با سطوح (۲۱۰) و (۱۰۰) را با شیارهای فراوان نشان می‌دهند، مقیاس معادل ۵ میلی‌متر است.

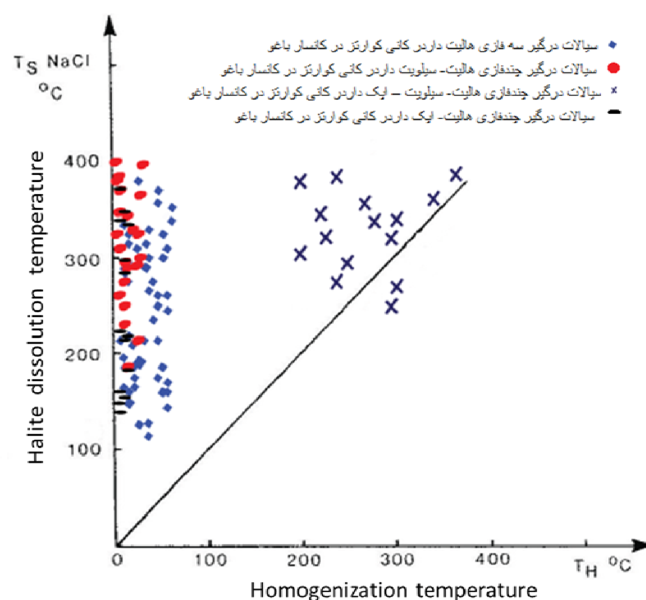
[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.4.4.2]

جدول۱ داده‌های ریزدماسنجی میانبارهای دو فازی مایع و بخار در کانی کوارتز منطقه‌ی باغو.

$Sa.\ N._{(LV)}$	Th	Tm_{ice}	salinity	$Sa.N._{(VL)}$	Th	Tm_{ice}	Salinity
۱	۵۵۰	-۴٫۱	۶٫۶	۱	۴۸۰٫۶	-۶٫۵	۹٫۹
۲	۳۰۲	-۱٫۹	۳٫۲	۲	۲۳۴٫۶	-۲٫۶	۴٫۳
۳	۳۷۵	-۲٫۲	۳٫۷	۳	۱۰۰	-۲٫۶	۴٫۳
۴	۲۱۱	-۱٫۵	۲٫۶	۴	۲۴۷	-۱٫۴	۲٫۴
۵	۳۳۳	-۲٫۵	۴٫۲	۵	۲۴۵٫۵	-۶٫۷	۱۰٫۱
۶	۳۵۵	-۲٫۱	۳٫۵	۶	۳۰۱٫۱	-۲٫۲	۳٫۷
۷	۲۶۷	-۱	۱٫۷	۷	۳۹۷	-۵٫۷	۸٫۸
۸	۲۴۵	-۱٫۶	۲٫۷	۸	۴۱۰	-۴	۶٫۴
۹	۲۸۷	-۱٫۴	۲٫۴	۹	۵۳۰	-۲٫۱	۳٫۵
۱۰	۲۹۰	-۳٫۶	۵٫۹	۱۰	۳۴۸٫۱	-۳٫۲	۵٫۳
۱۱	۲۹۴	-۳٫۱	۵٫۱	۱۱	۳۲۷	-۰٫۵	۰٫۹
۱۲	۳۰۸	-۱٫۴	۲٫۴	۱۲	۳۹۹	-۱٫۲	۲٫۱
۱۳	۲۶۸	-۷٫۶	۸٫۷	۱۳	۴۴۷	-۵٫۶	۸٫۷
۱۴	۱۴۹	-۵٫۶	۲٫۴	۱۴	۴۰۸	-۳٫۲	۵٫۳
۱۵	۱۵۲	-۱٫۴	۲٫۱	۱۵	۳۴۸	-۶٫۵	۹٫۹
۱۶	۱۷۵	-۱٫۲	۳٫۵	۱۶	۳۷۹	-۵	۷٫۷
۱۷	۱۱۱٫۷	-۲٫۱	۱٫۷	۱۷	۳۵۱	-۳٫۵	۵٫۷
۱۸	۳۴۳٫۹	-۱	۸٫۵	۱۸	۳۵۰	-۳٫۹	۶٫۳
۱۹	۳۰۷	-۵٫۵	۱۱٫۱	۱۹	۴۷۷	-۳٫۷	۶٫۰
۲۰	۲۰۰	-۷٫۵	۱۲٫۳	۲۰	۳۹۱	-۶٫۲	۹٫۵
۲۱	۱۱۴	-۸٫۵	۱۳٫۷	۲۱	۴۹۰	-۱	۱٫۷
۲۲	۱۵۵	-۹٫۸	۱٫۷	۲۲	۴۴۶	-۳	۵٫۰
۲۳	۲۰۷	-۱	۵٫۱	۲۳	۴۲۸	-۹٫۲	۱۳٫۱
۲۴	۲۴۵	-۳٫۱	۲٫۲	۲۴	۳۹۸	-۳٫۲	۵٫۳
۲۵	۱۳۳٫۹	-۵٫۷	۸٫۸	۲۵	۲۹۷٫۵	-۵٫۹	۹٫۱
۲۶	۳۵۰	-۴٫۱	۶٫۶	۲۶	۱۷۵	-۳٫۱	۵٫۱
۲۷	۳۹۰	-۵٫۲	۸٫۱	۲۷	۴۲۹٫۲	-۷٫۲	۱۰٫۷
۲۸	۴۲۶	-۱٫۵	۲٫۶	۲۸	۴۱۶	-۵	۷٫۹
۲۹	۲۸۰	-۴٫۲	۶٫۷	۲۹	۴۲۴	-۲٫۴	۴٫۰
۳۰	۳۹۸	-۲٫۴	۴٫۰	۳۰	۵۲۱	-۵٫۵	۸٫۵
۳۱	۴۴۸	-۱٫۹	۳٫۲	۳۱	۴۰۵	-۲٫۶	۴٫۳
۳۲	۳۹۱	-۲٫۱	۳٫۵	۳۲	۵۱۸	-۱٫۵	۲٫۶
۳۳	۳۰۶	-۴٫۱	۶٫۶	۳۳	۳۸۰	-۳٫۳	۵٫۴
۳۴	۱۹۸	-۳٫۹	۶٫۳	۳۴	۳۵۵	-۲٫۸	۴٫۶
۳۵	۳۱۰	-۲٫۹	۴٫۸	۳۵	۴۵۲٫۶	-۳٫۲	۵٫۳
۳۶	۲۴۶	-۴٫۱	۶٫۶	۳۶	۴۹۳٫۱	-۳	۵٫۰
۳۷	۲۳۳	-۲٫۷	۴٫۵	۳۷	۳۵۷٫۶	-۶٫۵	۹٫۹
۳۸	۱۶۴	-۳٫۵	۵٫۷	۳۸	۳۸۷٫۱	-۵٫۱	۸٫۰
۳۹	۲۸۸	-۱٫۹	۳٫۲	۳۹	۲۹۰	-۲	۳٫۴
۴۰	۱۵۳	-۱٫۲	۲٫۱	۴۰	۲۲۸	-۱	۱٫۷
۴۱	۴۱۸٫۸	-۳٫۴	۵٫۶	۴۱	۴۴۰	-۳٫۱	۵٫۱
۴۲	۳۷۳٫۹	-۳	۵٫۰	۴۲	۳۷۳	-۲٫۵	۴٫۲
۴۳	۳۱۸	-۲	۳٫۴				
۴۴	۲۸۳	-۱	۱٫۷				
۴۵	۳۳۰	-۱٫۳	۲٫۲				

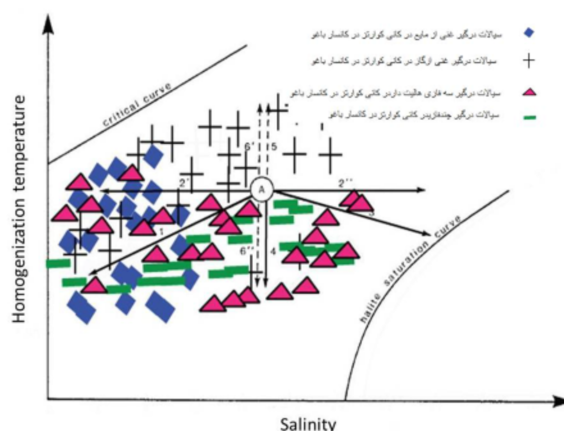
جدول ۲ داده‌های ریزدماسنجی میانبارهای سه و چند فازی در کانی کوارتز منطقه‌ی باغو.

Sa.N.	T_h	Tm_{halite}	Salinity	Sa.N.	T_h	Tm_{halite}	$Tm_{sylvite}$	Salinity
۱	۲۹۳٫۸	۳۳۴٫۶	۴۱٫۰	۱	۲۲۳٫۹	۳۸۸٫۱	۱۶۳٫۲	۴۶٫۲
۲	۳۵۲٫۶	۱۹۴	۳۱٫۶	۲	۱۸۷٫۵	۳۶۶٫۶	۱۱۳٫۶	۴۴٫۱
۳	۲۹۴٫۶	۲۱۵٫۵	۳۲٫۷	۳	۲۳۹٫۹	۳۱۱٫۹	۲۰۱٫۵	۳۹٫۱
۴	۱۸۴	۲۹۲٫۱	۳۷٫۷	۴	۳۴۰٫۱	۳۷۷٫۲	۱۶۶٫۴	۴۵٫۰
۵	۵۴۰٫۱	۲۰۰	۳۱٫۹	۵	۱۷۹٫۹	۳۶۲٫۲	۱۸۵٫۶	۴۳٫۵
۶	۵۶۰٫۱	۱۶۷	۳۰٫۶	۶	۲۷۵٫۶	۳۵۵٫۶	۲۵۲٫۳	۴۴٫۱
۷	۳۶۰٫۱	۱۹۰٫۵	۳۱٫۴	۷	۱۸۹٫۶	۳۱۷٫۵	۱۹۰٫۲	۳۹٫۶
۸	۲۷۴	۲۸۰٫۵	۳۶٫۷	۸	۱۹۰	۲۹۶٫۵	۲۱۵٫۱	۳۷٫۹
۹	۲۴۰	۲۹۰	۳۷٫۴	۹	۲۱۳٫۴	۳۲۰٫۶	۱۹۶٫۵	۳۹٫۹
۱۰	۲۹۴٫۷	۲۱۸٫۸	۳۲٫۹	۱۰	۲۲۹	۲۶۱	۲۲۶	۳۵٫۴
۱۱	۲۷۰	۳۲۰	۳۹٫۸	۱۱	۲۱۹٫۱	۲۵۰٫۲	۱۵۳٫۲	۳۴٫۷
۱۲	۲۴۵٫۲	۳۱۵٫۱	۳۹٫۴	۱۲	۲۶۱٫۳	۲۹۰٫۴	۲۶۷٫۷	۳۷٫۴
۱۳	۲۳۱٫۹	۱۵۱٫۵	۲۹٫۷	۱۳	۲۲۸٫۱	۲۵۰٫۱	۱۹۷٫۳	۳۴٫۷
۱۴	۱۵۸	۲۰۸	۳۲٫۳	۱۴	۲۱۹٫۱	۲۲۵٫۵	۲۱۳٫۱	۳۳٫۲
۱۵	۳۰۱٫۵	۳۱۵٫۶	۳۹٫۴	۱۵	۲۲۹٫۵	۲۷۳٫۶	۲۵۱٫۷	۳۶٫۲
۱۶	۱۶۴٫۱	۱۷۷٫۱	۳۰٫۸	۱۶	۲۱۵٫۳	۱۸۲٫۷	۱۷۰٫۳	۳۱٫۰
۱۷	۱۲۹٫۳	۱۹۰٫۱	۳۱٫۴	۱۷	۲۷۶٫۴	۳۱۲٫۵	۱۷۴٫۵	۳۹٫۱
۱۸	۱۲۰٫۹	۱۶۰٫۲	۳۰٫۱	۱۸	۲۹۸٫۹	۳۲۵٫۷	۱۸۴٫۲	۴۰٫۲
۱۹	۱۸۵٫۲	۱۷۸٫۲	۳۰٫۸	۱۹	۳۱۶٫۲	۳۰۵٫۹	۲۰۵٫۸	۳۸٫۸
۲۰	۱۱۵٫۹	۱۶۹٫۹	۳۰٫۵	۲۰	۳۰۹	۳۱۹	۲۲۰٫۸	۳۹٫۷
۲۱	۲۰۲٫۱	۱۹۴	۳۱٫۶	۲۱	۲۴۲	۳۲۰٫۱	۱۲۰٫۸	۳۹٫۹
۲۲	۲۳۸	۳۷۹	۴۵٫۲	۲۲	۲۵۳٫۴	۳۱۱٫۳	۱۷۳٫۱	۳۹٫۱
۲۳	۲۹۳	۳۰۹	۳۸٫۹	۲۳	۱۷۶٫۱	۳۱۹٫۵	۱۱۶٫۱	۳۹٫۷
۲۴	۲۳۱	۴۲۸	۵۰٫۶	۲۴	۲۳۲٫۲	۲۸۵	۱۹۱٫۲	۳۷٫۱
۲۵	۱۴۰	۴۲۵	۵۰٫۳	۲۵	۲۳۶٫۵	۲۹۹٫۶	۱۵۱٫۵	۳۸٫۱
۲۶	۳۲۴	۳۱۰	۳۸٫۹	۲۶	۲۲۷	۲۰۸	۱۶۹٫۲	۳۲٫۳
۲۷	۴۸۲	۱۹۱٫۵	۳۱٫۵	۲۷	۲۵۰٫۱	۳۲۰	۳۱۷٫۴	۳۹٫۸
۲۸	۴۲۰	۲۱۳٫۸	۳۲٫۶	۲۸	۳۰۰	۲۹۹	۲۸۰٫۹	۳۸٫۱
۲۹	۴۰۰	۲۸۸	۳۷٫۳	۲۹	۲۳۶٫۵	۴۲۳٫۲	۱۴۶	۵۰٫۱
۳۰	۳۹۵	۱۳۰٫۱	۲۸٫۹	۳۰	۳۲۵٫۴	۳۵۳٫۹	۳۲۸٫۱	۴۲٫۸
۳۱	۲۷۵٫۵	۳۱۱٫۸	۳۹٫۱	۳۱	۲۴۱٫۱	۴۳۱٫۹	۱۴۵	۵۱٫۱
۳۲	۴۵۰٫۹	۳۲۹٫۹	۴۰٫۶	۳۲	۲۶۷٫۷	۳۸۵	۲۲۸	۴۵٫۸
۳۳	۱۱۵٫۸	۱۱۶٫۸	۲۸٫۵	۳۳	۲۷۴	۲۹۲٫۷	۲۲۹٫۵	۳۷٫۶
۳۴	۱۰۹٫۴	۱۲۰	۲۸٫۶	۳۴	۴۲۰	۳۸۷	۲۶۳	۴۶٫۱
۳۵	۲۹۱	۳۰۱٫۸	۳۸٫۳	۳۵	۱۹۴٫۵	۳۷۵٫۴	۱۶۲٫۳	۴۴٫۹
۳۶	۲۲۵	۱۷۱٫۱	۳۶٫۱	۳۶	۲۷۳٫۲	۳۴۵٫۳	۲۰۱٫۶	۴۲٫۰
۳۷	۳۱۶٫۵	۱۲۸٫۸	۲۸٫۹	۳۷	۲۲۱	۳۳۸	۳۲۷	۴۱٫۳
۳۸	۳۸۴٫۳	۲۶۱٫۱	۳۵٫۴	۳۸	۲۵۰٫۵	۲۸۸٫۹	۱۶۰٫۳	۳۷٫۳
۳۹	۳۷۵٫۴	۲۵۵٫۷	۳۵٫۰	۳۹	۳۰۲٫۱	۲۶۵٫۵	۱۸۷	۳۵٫۱
۴۰	۳۷۹٫۹	۲۳۶٫۷	۳۳٫۹	۴۰	۲۳۶٫۹	۲۷۰٫۲	۲۹۹٫۱	۳۶٫۱
۴۱	۱۲۵٫۵	۱۷۵٫۹	۳۰٫۷	۴۱	۲۹۹٫۷	۲۵۴	۲۱۹٫۳	۳۴٫۹
۴۲	۳۲۴٫۴	۲۱۵٫۴	۳۲٫۷	۴۲	۳۶۷٫۶	۳۹۷٫۱	۱۸۲	۴۵٫۲
۴۳	۱۱۵٫۴	۲۵۳٫۳	۳۴٫۹	۴۳	۲۹۷٫۹	۳۱۸	۱۱۹٫۳	۳۹٫۶
۴۴	۲۹۳٫۹	۳۶۰٫۱	۳۶٫۶	۴۴	۳۴۵٫۴	۳۵۰	۱۹۵٫۹	۴۲٫۴



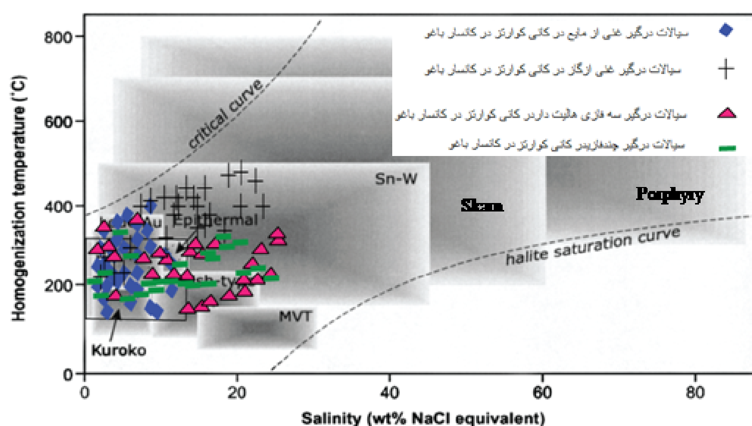
شکل ۸ نمودار دمای انحلال نمک در مقابل دمای همگن‌شدگی.

با توجه به دامنه‌ی نخستین دمای ذوب یخ میانبارهای شاری از ۲۳- °C تا ۳۷- °C، می‌توان نتیجه گرفت که سامانه‌ی شاری کانی‌ساز [۱۰] در منطقه‌ی باغو احتمالاً از نوع $H_2O + NaCl + KCl \pm MgCl_2 \pm FeCl_2$ بوده است. برای درک بهتر شکل‌گیری‌های شاره‌ی کانی‌ساز منطقه باغو، براساس [۲۶،۱۰] دما همگن‌شدگی شاره‌ای در مقابل شوری آنها ترسیم شد (شکل ۹). با توجه به الگوی توزیع میانبارها در این شکل، می‌توان دریافت که شکل‌گیری شاره‌ی کانی‌ساز در منطقه‌ی باغو تحت تاثیر روندهای سردشدگی، اختلاط با شاره‌های سطحی سردتر و با شوری پائین و نیز جوشش صورت گرفته است. البته با توجه به الگوی توزیع شاره‌های چند فازی، می‌توان گفت که جوشش شاره‌ی مادر به دلیل غنی بودن از مواد فرار، احتمالاً همراه با ایجاد حباب بوده است [۱۵]. الگوی توزیع میانبارهای دو فازی حاکی از جوشش محدود و سردشدگی شاره در بخش‌های بالایی سامانه‌ی کانی‌ساز است. این فرایند باعث خروج فاز بخار و تمرکز املاح در فاز مایع و در نتیجه منجربه افزایش شوری میانبارهای شاری به دام افتاده در این مرحله شده است [۲۶]. برای آشنایی با محیط کانه‌زا در منطقه‌ی باغو از نمودار ارائه شده توسط [۲۷] استفاده شد. چنانکه توزیع داده‌ها در شکل ۱۰ نشان می‌دهد و براساس پژوهش‌های انجام شده [۲۸-۳۴]، می‌توان گفت که احتمالاً محیط کانی‌سازی این منطقه منطبق بر بخش پائینی یک سامانه دمایی وراگرمایی و در ارتباط با بخش بالایی یک سامانه پورفیری باشد.



شکل ۹ نمودار دمای همگن‌شدگی در مقابل شوری برای نشان دادن تحولات انجام شده بر روی سیال کانی‌ساز.

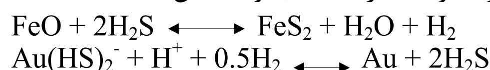
[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.4.4.2]



شکل۱۰ نمودار شوری- دمای همگن‌شدن شاخص کانسارهای مختلف [۲۶].

برداشت

بررسی‌های سنگ‌نگاری و ریزدماسنجی میانبارهای شاری در کانی کواتز، رگه‌های کواتز- تورمالین منطقه باغو حاکی از تغییرات گسترده در محتویات فازی، دمای همگن‌شدگی و نیز شوری میانبارهای شاری در منطقه باغو شده است. این شرایط می‌تواند حاکی از دخالت خاستگاه‌های مختلف در شکل گیری گرماب منطقه‌ی مورد نظر باشد. بر پایه الگوی پراکندگی داده‌ها در شکل ۱۰، چنین به نظر می‌رسد که میانبارهای شاره‌ی چند فازی حامل فازهای نوزاد نمک، با شوری و دمای نسبتاً بالا از یک شاره‌ی با خاستگاه ماگمایی حاصل شده باشند، که می‌تواند با شرایط کانه‌زایی نوع پورفیری همخوانی داشته باشد. میانبارهای شاری با شوری زیر ده درصد معادل نمک طعام و دمای همگن شدگی تا حدود ۳۵۰°C دلالت بر یک سامانه سطح دمایی (اپی ترمال) دارد و میانبارهای شاری با شوری بالای ۱۰٪ و دمای نسبتا پائین، احتمالاً می‌تواند دلیل بر دخالات یک شاره‌ی حوضه‌ای، در سامانه‌ی کانی‌ساز منطقه باغو باشد. با نگاهی به الگوی توزیع داده‌های میانبارهای شاری در شکل ۹، می‌توان چنین برداشت کرد که سامانه‌ی کانی‌ساز در منطقه‌ی مورد بررسی، تحت تاثیر فرایندهای سردشدگی، جوشش و اختلاط شکل‌گرفته است. فرایند جوشش باعث شده است تا H_2S به درون فاز بخار راه یابد و طی واکنش شاره با سنگ دیواره و سولفورزدایی شاره، از طریق واکنش‌های زیر کانی‌های پیریت و طلا در منطقه باغو ته‌نشین کنند:



$$FeO + 2H_2S \longleftrightarrow FeS_2 + H_2O + H_2$$

$$Au(HS)_2^- + H^+ + 0.5H_2 \longleftrightarrow Au + 2H_2S$$

مراجع

[۱] درویش زاده ع.، *"زمین شناسی ایران"*، نشر امروز، انتشارات امیرکبیر، (۱۳۷۰)، ۹۰۱ صفحه.

[۲] هوشمند زاده ع.، علوی نائینی م.، حقی پور ع.، *"تحول پدیده‌های زمین شناسی ناحیه طرود (از پرکامبرین تا عهد حاضر)"*، (۱۳۵۷).

[۳] رشید نژاد عمران ن.، *"بررسی تحولات سنگ شناسی و ماگمایی و ارتباط آن با کانی سازی طلا در منطقه باغو (جنوب جنوب خاور دامغان)"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، (۱۳۷۱)، ۲۵۳ صفحه.

[۴] قربانی ق.، *"پترولوژی سنگ‌های ماگمایی جنوب دامغان"*، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، (۱۳۸۴).

[5] Jeffery P.G., Hutchison D., *"Chemicl Methods of Rock analysis"*, Pergamon Series in Analytical Chemistry Volume 4 (1981) p 379.

[۶] مرادی س.، *"مطالعه کانه‌زایی طلا در منطقه باغو، جنوب شرق دامغان، استان سمنان"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی گرایش اقتصادی، (۱۳۹۰)، ۱۱۹ صفحه.

[۷] قربانی ق.، وثوقی عابدینی م.، قاسمی ح. ا.، *"دما - فشارسنجی توده‌های گرانیتوئیدی منطقه طرود- چاه شیرین (جنوب دامغان)"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، (۱۳۸۴) شماره ۱ ص ۹۵ تا ص۱۰۶.

[۸] خلیلی خ.، مکی زاده م. ع.، *"رخداد تورمالین در معدن طلا – مس کوه زر (باغو) جنوب استان سمنان"*، مجله پترولوژی، (۱۳۹۱) شماره ۹ ص ۵۷ تا ص ۷۰.

[۹] لیاقت س.، شیخی و.، نجاران م.، *"مطالعه پترولوژی، ژئوشیمیایی و ژنز فیروزه باغو – دامغان"*، مجله علوم دانشگاه تهران، (۱۳۸۷) شماره ۲ ص ۱۳۳ تا ص ۱۴۲.

[10] Shepherd T.J., Rankin A.H., Alderton D.H.M., *"A practical guide to fluid inclusion studies"*, Blackie (1985) 239pp.

[11] Wang Y. M., Sasaki M., *"Fluid inclusion studies of the Chinkuashih high-sulfidation gold–copper deposits in Taiwan"* , Chemical Geology (1999) 154- 155-167

[12] Goldstein R. H., *"Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems"*, Lithos 55 (2001) 159–193.

[13] Touret J.L.R., *"Fluids in metamorphic rocks"*, Lithos 55 (2001) 1–25.

[14] Munz I. A., *"Petroleum inclusions in sedimentary basins:systematics, analytical methods and applications"*, Lithos 55(2001) 195–212.

[15] Hossain I., Tsunogae H.M., "*Geothermobarometry and fluid inclusions of dioritic rocks in Bangladesh: Implications for emplacement depth and exhumation rate*", Journal of Asian Earth Sciences 34 (2009) 731–739.

[16] Canet, C., S. I. Franco, R. M. Prol-Ledesma , E. González-Partida, R. E. Villanueva-Estrada(2011) A model of boiling for fluid inclusion studies: Application to the Bolaños Ag–Au–Pb–Zn epithermal deposit, Western Mexico. Journal of Geochemical Exploration

[۱۷] کریم پور م. ح.، زاو خ.، *"دماسنجی و و شرایط فیزیکوشیمیایی محلول کانه‌دار بر مبنای کلریت و سیالات درگیر در معدن مس قلعه زری"*، مجله بلورشناسی و کانی-شناسی ایران، شماره ۱ (۱۳۸۵) ص ۱- ۲۶.

[۱۸] میرزایی راینی ر.، احمدی ع.، میرنژاد ح.، *" بررسی‌های کانی‌شناسی و شاره‌های درگیر در کانسار چند فلزی ماهور شرق بلوک لوت، ایران مرکزی"*، مجله بلورشناسی و کانی-شناسی ایران، شماره ۲ (۱۳۹۱) ص ۳۰۷- ۳۱۸.

[۱۹] اشراقی ص. ع.، جلالی الف.، *" نقشه زمین شناسی چهارگوش معلمان با مقیاس ۱۰۰۰۰۰ :۱"*، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۵) شماره ۶۹۶۰.

[20] Bodnar R.J., *"Introduction to fluid inclusions. In I. Samson, A. Anderson, & D. Marshall, eds. Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation"*, Mineral. Assoc. Canada, Short Course 32 (2003) 1-8.

[21] Roedder E., *"Fluid inclusion: Reviews in Mineralogy."*, Mineralogical Society of America, 12 (1984) 644 pp.

[22] Van den Kerkhoff A. M., Hein U. F., *"Fluid inclusions petrography"*, Lithos 55 (2001) 27–47

[23] Roedder E., *"Fluid inclusion evidence on the genesis of ores in sedimentary and volcanic rocks"*, In K. H, Wolf(ed)". Handbook of Stratabound and Stratiform ore Deposits, Elsevier, Amsterdam., Vol. 2 (1976) P. 67-110.

[24] Bodnar R.J., Vityk M. O., *"Interpretation of microthermometric data for H_2O- NaCl fluid inclusions. in fluid inclusion in minerals, metods and applications"*, B. De vivo and M.L.Frezzotti, eds., pub. By Virginia Tech, Blacksburg (1994) 117-130.

[25] Murowchick J.B., Barnes H.L., *"Effects of temperature and degree of supersaturation on pyrite morphology"*, American Mineralogist 72(1987) 1241-1250.

[26] Baker T., Lang J.R., *"Fluid inclusion characteristics of intrusion-related gold Mineralization, Tombstone tungsten magmatic belt, Yukon Territory, Canada"*, Mineralium Deposita 36 (2001), 563–582.

[27] Wilkinson J.J., *"Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits"*, Lithos 55(2001) 229-272.

[28] Hedenquist J. W., Lowenstern J.B., *"The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits"*, Nature 370(1994) 519- 527.

[۲۹] آزادی م.، میر محمدی م. ص.، هزارخانی ا.، *" بررسی‌های سنگ‌شناسی و میانبارهای شاری در کانسار مس پورفیری کهنگ"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱ (۱۳۹۳) ص ۱۵۵- ۱۷۲.

[30] Alizadeh Sevari B., Hezarkhani A., *"Fluid evolution of the magmatic hydrothermal porphyry copper deposit: Based on fluid inclusion and stable isotope studies at Darrehzar, Iran"*, ISRN geology 2014 (2014) 10 pages.

[31] Harris A.C., Golding S.D., White N.C., *" Bajo de La Alumbrera copper –gold deposit: stable isotope evidence for a porphyry – related hydrothermal system dominated by magmatic aqueous fluids"*, Economic Geology 100 (2005) 863-886.

[32] Gonzalez-Partida E., Levresse G., *"Fluid inclusion evolution at the La Verde porphyry copper deposit"*, Geochemical Exploration 78-79 (2002) 623- 626.

[33] Morales Ruano S., Both R.A., Golding S.D., *"A fluid inclusion and stable isotope study of the Moonta copper – gold deposits, South Australia: evidence for fluid immiscibility in a magmatic hydrothermal system"*, Chemical Geology 192(2002) 211-226.

[34] Bodnar R.J., *"Fluid-inclusion evidence for a magmatic source for metals in porphyry copper deposits, in J.F.H. Thompson ed. Magmas, fluids and ore deposits"*, Mineralogical Association of Canada, Short Course Series 23(1995) 139-152.